

煤矿电动机 电子保护原理与装置

淮南矿业学院自动化研究室编

煤矿电动机 电子保护原理与装置

淮南矿业学院自动化研究室编

一九八五年六月

前 言

我国建国以来生产的中、小型交流电动机总容量约三亿千瓦，占电动机总容量的一半以上，消耗全国总发电量的三分之一左右。对如此众多的电动机的保护长期以来没有很好的解决，造成的损失是严重的，不言而喻，解决好这一问题有着重大的国民经济意义。

煤矿大量使用中、小型交流电动机，特别是煤矿井下由于工作环境较差等原因，电动机烧损情况相当严重，不仅造成直接经济损失，而且影响煤炭生产，带来安全问题。因此改变这一状况十分迫切，加强电动机保护是改变这一状况的一项有力的技术措施，日益引起人们的重视。

中、小型交流电动机长期以来只设置熔丝和热继电器二种保护。由于熔丝选择和热继电器整定不当以及熔丝和热继电器保护特性的分散性，使得保护的可靠性极差，电动机实际上常常处于无保护状态。

近年来电子技术的迅速发展为中、小型电动机保护提供了必要的技术手段。新型电子器件具有体积小，功耗低和功能全等特点，有可能制作出体积小、价格低、保护性能完善，整定范围较宽的能运用于中、小型电动机保护的电子综合保护装置。对此目前国内外都在研制和不断改进之中。

对于煤矿应用的中、小型交流电动机而言，由于其负载较重，变化较剧烈，而且环境条件十分恶劣，因此对其保护装置的要求更高。研制这项电子综合保护装置要求有更高的技巧。

对国内外电子综合保护装置的分析来看，以下几个方面是电子综合保护装置今后努力的方向：1.应是多功能综合保护，一般应包括反时限过载保护，速断短路保护，断相及三相不对称保护以及漏地保护或漏地闭锁。2.应具有较宽的连续可调的整定范围，整定方便、准确。3.应具有完善的保护特性，特别是过载反时限保护特性，并具有模拟和记忆热积累功能。4.线路要集成化，体积要小，价格要便宜，安装维护要方便。5.应具有高度的可靠性和稳定性。

为了尽快改变煤矿电机烧损的局面，几年来我院在煤炭部主管部门的领导下，在研究部门、制造厂及现场的密切配合下，先后研制成功了适用于QC83—120、225及80磁力起动器中使用的JDB—120、JDB—225、JDB—80、JDB—80S等型号的电动机电子综合保护器，并先后于1983年6月与1984年11月由部技术发展司、生产司联合召开了鉴定会，通过了技术鉴定。这些保护器已在全国几十个矿务局推广使用，取得了明显的经济效益与安全效益。为了尽快改变我国煤矿井下低压供电保护系统的落后状况，部技术发展司已下文要求各矿务局订出计划，争取3—5年内使电动机电子综合保护器得到普遍推广、应用。

为了配合电动机电子综合保护器的推广应用，我们特地赶编了这本教材。由于时间仓促，书中不妥之处请大家多批评指正。

目 录

前 言

第一章	煤矿电动机损坏原因与保护原理	1
第一节	煤矿电动机损坏原因	1
第二节	电动机过负荷保护原理	4
第三节	电动机断相(不对称)保护原理	15
第四节	短路保护原理	20
第五节	漏电保护原理	22
第六节	电动机综合保护原理	27
第二章	电动机电子保护装置的检测元件与检测线路	30
第一节	半导体型热敏电阻	30
第二节	采用热敏电阻作为温度传感器的检测线路	32
第三节	电磁变换器	36
第四节	采用电磁变换器作为电流电压传感器的检测线路	48
第五节	其它检测元件及其应用	55
第三章	电动机电子保护装置常用电子元件及元件测试方法	58
第一节	电阻器与电位器	58
第二节	电容器	62
第三节	二极管与稳压管	67

第四节	三极管与结型场效应管	74
第五节	集成门电路与触发器	81
第六节	集成运算放大器	93
第四章	电动机电子保护装置常用电子电路设计	105
第一节	设计一般原则	105
第二节	组织方案	109
第三节	鉴幅电路	112
第四节	放大电路	121
第五节	定时电路	126
第六节	记忆电路	134
第七节	执行与接口电路	138
第八节	逻辑控制电路	141
第九节	电源电路	145
第五章	JDB—120、JDB—225型电动机综合保护器	152
第一节	JDB—120、JDB—225 型电动机综合保护器 基本技术性能	152
第二节	JDB—120、JDB—225型电动机综合保护器 工作原理	164
第三节	JDB—120、JDB—225型电动机综合保护器 检验规则	180
第四节	JDB—120、JDB—225型电动机综合保护器 改装方法	188
第五节	JDB—120、JDB—225型电动机综合保护器 的使用	195
第六节	JDB—120、JDB—225型电动机综合保护器	

	测试与维修	196
第六章	JDB—80、JDB—80S 型电动机综合保护器	
		203
第一节	JDB—80、JDB—80S型电动机综合保护器	
	基本技术性能	203
第二节	JDB—80、JDB—80S型电动机综合保护器	
	工作原理	207
第三节	JDB—80、JDB—80S型电动机综合保护器	
	检验规则	224
第四节	JDB—80、JDB—80S型电动机综合保护器	
	改装方法	232
第五节	JDB—80、JDB—80S型电动机综合保护器	
	的使用	236
第六节	JDB—80、JDB—80S型电动机综合保护器	
	的测试与维修	237

第一章 煤矿电动机损坏原因 与 保 护 原 理

第一节 煤矿电动机损坏原因

（一）煤矿电动机烧损情况

根据北京、阳泉、西山、徐州、淮南五个矿务局的不完全统计,煤矿电动机每年平均损坏率为0.73台/万吨和17.3千瓦/万吨,情况是严重的。

根据江西省统计,在烧损的电机中井下占96%,地面仅占4%。井下烧损的电机中,工作面链板机和皮带运输机的电动机主要因过负荷而烧损占67.8%;局扇电动机主要因断相运行而烧损占14%;其它机械设备的电动机烧损仅占18.2%。因此煤矿电动机的保护应以井下为主,各种保护中应以过负荷和断相保护为主。

（二）煤矿电动机损坏原因

煤矿电动机损坏的原因是多种多样的,主要有以下几个方面:1.煤矿井下条件比较恶劣,煤矿机械配套电动机性能不能适应;2.机电管理不善,不能合理使用和维护电动机;3.电机缺乏可靠的保护手段,经常处于无保护状态;4.电机修理质量差,缺乏检验与报废标准等。

下面我们从技术角度详细分析一下煤矿电动机损坏的主要原因。分析清这些原因能帮助正确使用电机,能减少电动机

不应有的损坏，能有利于确定保护原则。

I、绕组烧损（又称热破坏）

1.因损耗（铜耗、铁耗、和机械损耗）增加、发热严重而烧损。

（1）引起铜耗增加的原因有：

a 电动机过负荷运行。如负荷增加；机械设备故障或安装不好；电机本身机械故障；电机功率选择偏小；电机修理时线径偏小；双机拖动负荷分配不均；电网电压过低造成电动机电流过大等都能造成电动机过负荷运行。

b 电动机断相运行：如由于熔丝选择或安装不当引起一相熔丝熔断；电动机短路过载造成一相熔丝熔断；接触器或热继电器一相触头闭合不好；供电线路或电机内部导线机械折断或联接不良等都能造成电动机断相运行。

c 电动机匝间短路或相间短路。

d 电动机工作方式或操作方式不对。如电动机频繁起动或点动；负载工作方式和电动机工作方式不一致（如连续工作方式负载选择短时或断续工作制电动机）；电动机起动方式选择不合适或操作方法不合适等。

e 电动机空载电流太大。电网电压太高；绕组接法错误（Y 误接成 Δ ）；电动机修理时增加了空气隙等都能造成空载电流太大。

（2）引起铁耗增加的原因有：

a 电源电压过高或绕组接法错误引起铁芯磁密过高；

b 电动机修理工艺不当，损坏了铁芯片间绝缘，使涡流损耗增加；或使铁芯磁性能下降；

c 电动机修理时定子绕组匝数不足，引起铁芯磁密过高

等。

(3) 引起机械损耗增加的原因有:

a 轴承缺油或油过多; 滚珠档圈破损; 轴承外圈和轴承座配合过松;

b 定子与转子相擦;

c 风扇叶片与风罩相擦等。

2. 因散热不良引起电机温升过高而烧损电机。

(1) 因通风不良引起散热不良的原因有:

a 电动机全部或部分被埋在煤中;

b 电动机风扇损坏;

c 电动机风道被煤尘等堵塞;

d 水冷电动机水量不足等。

(2) 因环境温度过高引起散热不良的原因有:

a 夏季气温过高;

b 深部开采时地温过高;

c 地处南方气温较高;

d 周围有热源, 如锅炉、大功率电阻等。

3. 电机绕组绝缘老化或绝缘等级下降造成在正常负载下电机绕组烧损。

引起的原因有:

(1) 电动机长期过载或使用时间已很长, 引起绝缘老化;

(2) 轴承甩油在定子绕组端部, 化学作用或矿井气氛加速了端部绝缘老化;

(3) 电动机修理时部分绝缘材料降低了等级;

(4) 电动机修理时浸漆材料或工艺不对使绝缘老化或等级下降等。

I、绕组绝缘击穿（又称电压性破坏）

造成绕组绝缘击穿的原因有：

1. 电网过电压严重，如真空接触器操作和事故过电压；变压器合闸过电压；电网大气过电压等。
2. 电动机制造或修理时在绝缘上留下隐患，特别是槽口绝缘的损伤以及绕组端接部分过长而碰端盖等。
3. 绝缘受潮使耐压下降。
4. 绝缘浸漆工艺不当，内部绝缘漆未干，使耐压下降。

II、电动机机械损坏（又称力破坏）

造成电动机机械损坏的原因主要有：

1. 搬运、安装方法不当，修理时拆装方法不当等，特别是拆装电机时转子叩碰定子绕组。
2. 某些型号电动机设计不适应井下恶劣环境，局部地方机械强度不够；电动机制造时局部地方有机械上的隐患。
3. 鼠笼电动机经常频繁起动、点动，加上制造或设计上的不足造成断条，特别在槽口部分。
4. 电机内发生严重短路，短路电流使绕组端接部分承受很大的冲击力，造成机械损坏。

上述各种电动机损坏原因往往是几种同时出现或者出现一种而引起其它原因，相互影响，恶性循环造成电动机迅速损坏。

第二节 电动机过负荷保护原理

（一）电动机容许过负荷特性

1. 电动机的温升曲线

电动机运行时，某部件的温度高出周围介质的温度称之为电动机某部件的温升，通常用 τ 来表示。

电动机由 $\tau = 0$ 开始发热时，温升 τ 随时间的变化规律如下式所示：

$$\tau = \frac{Q}{A} \left(1 - e^{-\frac{t}{T_q}} \right) = \tau_{\infty} \left(1 - e^{-\frac{t}{T_q}} \right) \quad (1-1)$$

式中： Q ——电动机单位时间内产生的热量；

A ——电动机单位时间内温升为 1°C 时散出的热量，称为散热系数；

T_q ——电动机发热时间常数；

τ_{∞} ——电动机的最终温升。

电动机由 τ_{∞} 开始冷却时温升 τ 随时间的变化规律如下式所示

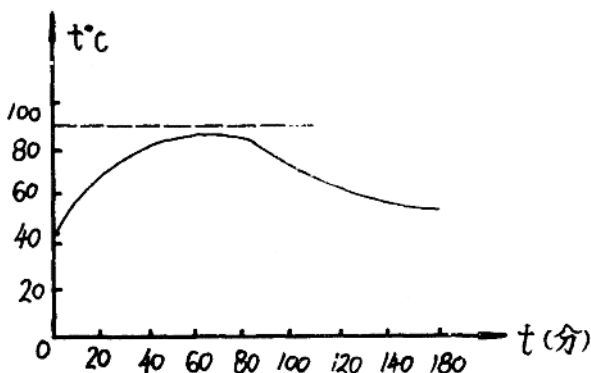


图1—1 电机绕组实测温度升高、下降曲线

$$\tau = \tau_{\infty} e^{-\frac{t}{T_Q'}} \quad (1-2)$$

式中 T_Q' ——电动机冷却时间常数

一般冷却时由于电动机停转，散热条件比发热时差，故 T_Q' 较大，通常可近似认为 $T_Q' = 3 T_Q$ 。

图 1-1 画出的电机绕组实测温度曲线（环境温度为 30°C ）是在现场条件下对 JBJ-62-2（14 千瓦、E 级绝缘）防爆局扇电动机在额定负载下长期工作以及停转后测得的。

由曲线可求得 $T_Q = 25 \text{ 分} = 1500 \text{ 秒}$

$$T_Q' = 80 \text{ 分}$$

$$\tau_{\infty} = 58^\circ\text{C}$$

电机的最终温升

$$\tau_{\infty} = \frac{Q}{A} \quad (1-3)$$

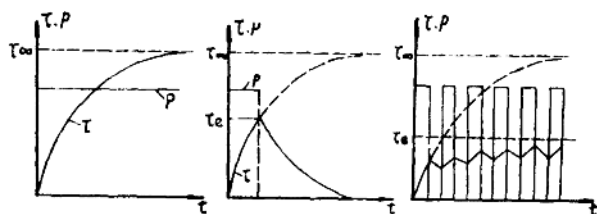
$$\text{而} \quad Q = \Sigma p \quad (1-4)$$

式中 Σp ——电动机总损耗

因此降低电机最终温升 τ_{∞} （也就是避免电动机烧损）的根本措施是：减少电动机损耗；增加散热能力即增加散热面积和通风量（或冷却水量）等。

电动机的工作方式分为（1）长期连续工作制；（2）短时工作制（有 15 分、30 分、60 分、90 分四种）；（3）断续工作制（有负载持续率为 15%、25%、40%、60% 四种），电动机不同工作方式时有着不同的温升曲线和最终温升，如图 1-2 所示。

因此对于同一台电动机，当按短时工作制或断续工作制使用时，可以允许较大的输出。如截煤机用JBM—47型电动机，长期连续工作时功率为18.5千瓦，而作短时工作（60分钟）时功率为47千瓦。再如JZR—41—8型绕线式起重电动机长期连续工作时功率为5千瓦，而负载持续率为15%时为13.2千瓦、25%时为11千瓦、40%时为8.8千瓦、60%时为7千瓦。



a 长期工作制 b 短时工作制 c 断续工作制

图 1—2 电动机不同工作方式时温升曲线

2. 电动机绕组容许温升的确定

电动机绕组容许温升根据下列因素确定：

(1) 电动机绕组用绝缘材料的等级。

我国规定的绝缘材料等级与最高容许温度如表 1—1 所示：

表 1—1

绝 缘 等 级	A	E	B	F	H
最 高 容 许 温 度 $^{\circ}\text{C}$	105	120	130	155	180

电动机绝缘材料在最高容许温度下工作，其寿命一般为20年。温度每升高8℃，寿命将降低约一半。因此，所用绝缘材料等级不同时电动机的最高容许温升也不同。

(2) 周围环境温度较低时，电动机的容许温升可适当提高，反之电动机的容许温升必须降低。所以，在规定电动机各部分的最高容许温度时，必须同时规定周围的环境温度。我国规定的标准环境温度为40℃。当环境温度不同时，电动机的额定功率可按表1—2适当增减。

表 1—2

环 境 温 度 ℃	<30	30	40	45	50	55
额定功率变化量△P%	+8	+5	0	-5	-12.5	-25

(3) 温度的测量方法。

电动机温度测量方法不同，所得的结果也不同。常用的测量方法有三种：

a 温度计法：此方法简单可靠，但不能测得电机中最热点温度。

b 电阻法：测出常温(t_0 ℃)时绕组的电阻值 R_0 ，以及发热情况下温度为 t ℃时绕组的电阻值 R ，即可按下式求得绕组热态时的温度 t ℃

$$t = t_0 + \frac{R - R_0}{R_0} (K + t_0) \quad (1-5)$$

对铜绕组 $K = 235$ ，铝绕组 $K = 228$

利用此法求得的温度是电机绕组的平均温度。

c 埋置测温计法：在电动机装配时预先埋置测温元件

(如热电偶、半导体热敏电阻等)埋置得当可测得电动机内部最热点温度。此方法在大型电动机中得到了广泛应用。

国家标准规定的在标准环境温度(40℃)下,采用不同的测温方法,绕组的最高容许温升如表1—3所示:

表 1—3

绝 缘 等 级	A	E	B	F	H
温 度 计 法	50	65	70	85	105
电 阻 法	60	75	80	105	125
埋置测温计法	60	75	80	105	125

注: (1)对防爆电机表中值应降低5℃;

(2)对短时工作制电动机表中值可提高10℃。

3.电动机容许过负荷特性的确定

电动机额定运行额定电流为 I_e 电动机发热量为 Q_e , 其额定最终温升曲线如图1—3曲线(1)所示。

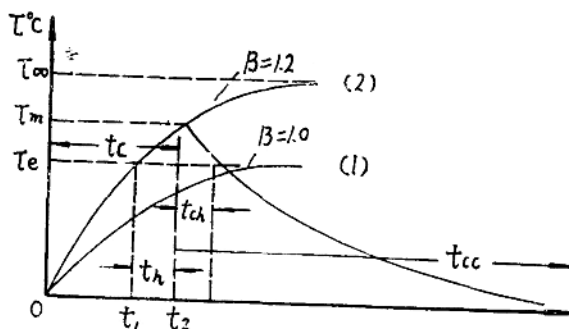


图1—3 电动机不同负载时的温升曲线

而电动机绕组容许温升为 τ_n ，则过温升倍数为：

$$\alpha = \frac{\tau_n}{\tau_r} \quad (1-6)$$

由于电机设计时总留有一定裕量，故一般 $\alpha > 1$ ，因此电动机可以容许有一定时间的过负荷运行。

过负荷运行时电流为 I ，电动机发热量为 Q ，其最终温升为 τ ，其温升曲线如图1—3曲线(2)所示。

过负荷运行电流 I 和额定电流 I_r 之比称为过负荷倍数 β

即

$$\beta = \frac{I}{I_r} \quad (1-7)$$

电动机过负荷运行时，由于电机损耗（主要是铜耗、与 I^2 成正比）的增加，发热量 Q 将增加，因此电机最终温升 τ_n 将增加，故下式近似成立：

$$\frac{\tau_n}{\tau_r} = \frac{Q}{Q_r} \approx \frac{I^2}{I_r^2} = \beta^2 \quad (1-8)$$

电动机过负荷倍数 β 与电动机容许过负荷时间 t 的关系 $t = f(\beta)$ 称为电机容许过负荷特性。

如图1—3所示，电动机由额定运行开始过负荷运行，容许的时间为 $t_1 = t_2 - t_1$ ，称为热态容许过负荷时间。而由常温（ $\tau = 0$ ）开始过负荷运行，容许的时间为 $t_c = t_2$ ，称为冷态容许过负荷时间，显然 $t_c > t_1$ 。

冷却时由容许温升 τ_n 恢复到额定温升 τ_r 的冷却时间为 t_{c1} ，恢复到常温（ $\tau = 0$ ）的冷却时间为 t_{cc} 。

可以推得

$$t_1 = T_a \ln \frac{\beta^2 - 1}{\beta^2 - \alpha} \quad (1-9)$$